

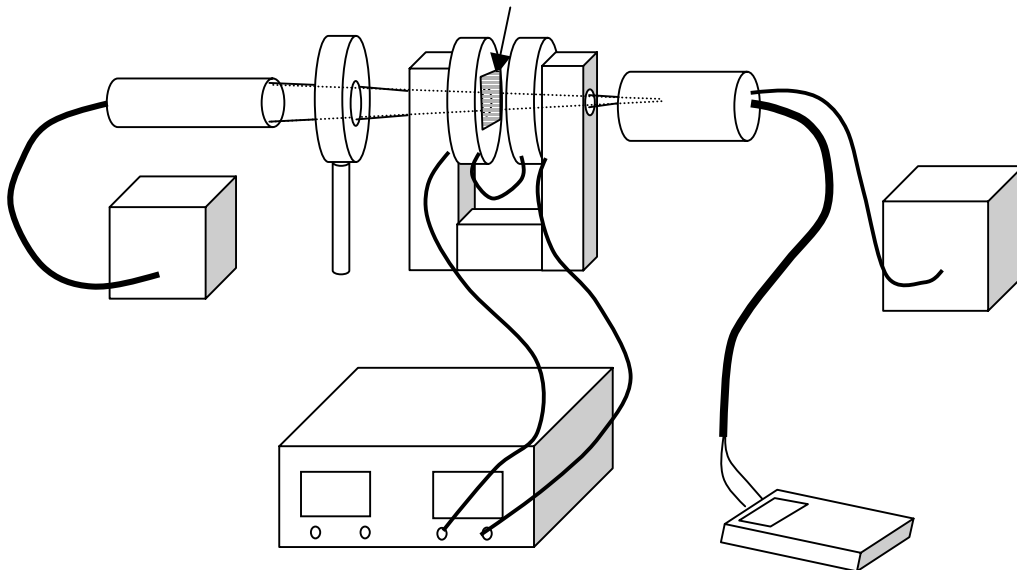
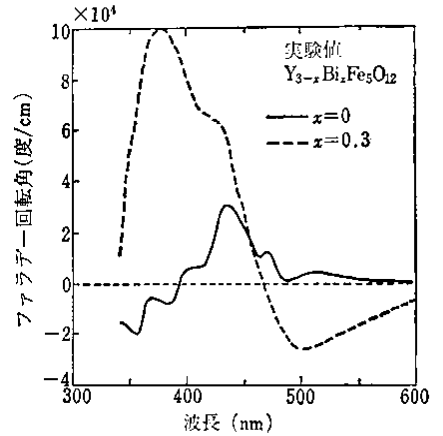
# ファラデー効果の測定

はじめに

成膜実験で作製した磁性ガーネットは、はじめに述べたように大きなファラデー効果を示すことで知られる。ファラデー効果とは、磁気光学効果の一種で、直線偏光が磁化された磁性体を透過したときに、磁化の向きと大きさに応じて偏光の向きが回転する現象のことである。磁気光学効果のことを詳しく勉強したい人は、参考書を読んでください<sup>1</sup>。

今回の実験では、簡単な実験装置を使って、得られた薄膜がファラデー効果を示すこと、および、ファラデー効果を使って、磁化曲線が測定できることを体験してもらう。

文献によれば、磁性ガーネットは 400nm 付近の青紫色の波長において、大きなファラデー回転角を示すことが知られている。そこで、この実験では青色(中心波長 470nm)の LED を光源として用いる。図 1 のスペクトルから見ると、ファラデー回転は 470nm においてほとんどゼロになるが、青色 LED のスペクトルは 380-550nm にわたる広範囲におよぶので 400nm 付近の波長成分における大きなファラデー回転が観測されるはずである。



## 実験装置

この実験の配置を図 2 のブロック図に示す。

- (1) 試料は、磁極に光導入用の孔がある電磁石の中心部に置かれ、正負の磁界が印加される。
- (2) 電磁石に加える電流は、定電流源から供給する。
- (3) 光源は、波長 470nm の InGaN 系の LED(発光ダイオード)を用いる。
- (4) 偏光子は、グラントムソン偏光子(方解石でできた 2 つのプリズムを組み合わせた偏光子)を用いる。
- (5) 直線偏光の試料によるファラデー回転を検出するには、差動検出器を用いる。(差動検出の原理は次ページ)。出力電圧はデジタルボルトメータ(この実験ではテスターを使用)で読みとる。

<sup>1</sup> 佐藤勝昭著「光と磁気(改訂版)」、朝倉書店、2001

## 実験方法

- (1) 光がすべての素子を透過し、検出器に導入されることを確認した後、
- (2) 偏光子の方位角を 45°に設定し、試料を入れて差動検出器を回転して出力が最小になるよう調整する。
- (3) 偏光子を+10°, +5°, 0, -5°, -10°と回転させて出力をグラフに描き、回転角 1°に相当する検出器出力を校正せよ。
- (4) 電磁石電流を正負に変化しながら検出器出力をテスターで測定し記録せよ。
- (5) 換算表を用いて電磁石電流を磁界の強さに変換するとともに、検出器出力を角度に変換せよ。
- (6) 磁界と回転角の関係をグラフにプロットしヒステリシスを確認せよ。

## 測定の原理

磁気光学効果の大きさの測定法としてよく行われる方法は、図3のように偏光子と検光子の偏光方位角を互いに 45°にセットしておき、偏光子と検光子の間に測定したい試料を挿入する方法である。

偏光子から出た光の電界が  $x$  方向を向いているとする。従って  $E1 = E_0 i$  と書ける。(ここに  $i$  は  $x$  方向の単位ベクトルを表す。)

試料により  $\theta$  だけ回転を受けたとすると  $E2 = E_0(\cos\theta i + \sin\theta j)$  となる。(ここに  $j$  は  $y$  方向の単位ベクトルを表す。)

ここで、 $x$  軸から 45°傾いた  $x'$  軸の電界成分を求めると、座標変換によって、 $E_{x'} = E_0(\cos\theta/\sqrt{2} + \sin\theta/\sqrt{2})$  となる。光強度  $I_{x'}$  は  $E'$  の二乗に比例するので、 $I_{x'} = (E_0^2/2)(1 + \sin 2\theta)$  と書ける。 $\theta$  が小さいときは、 $\sin 2\theta \sim 2\theta$  と置けるのでファラデー回転角に比例する出力成分があることがわかる。

YIG:Bi のファラデー回転係数は  $10^4 \text{ deg/cm}$  の程度である。膜厚  $100 \text{ nm} = 10^{-7} \text{ m} = 10^{-5} \text{ cm}$  とすると回転角は  $0.1^\circ$  の程度なので、rad に直すと  $0.0017$  となり、 $I_{x'}$  の変化は、 $0.9983 \sim 1.0017$  と極めてわずかであるため、メータの精度が 3 桁以上ないと測定が難しい。

そこで、図4に示すように偏光ビームスプリッタによって、 $x$  軸から 45°傾いた  $x'$  軸の電界成分  $I_{x'}$  と、-45°傾いた  $y'$  軸の電界成分  $I_{y'}$  に分け、 $I_{x'}$  と  $I_{y'}$  の出力の差をとると、

$$\Delta I = I_{x'} - I_{y'} = (I_0/2)(1 + \sin 2\theta) - (I_0/2)(1 - \sin 2\theta) = I_0 \sin 2\theta \approx 2I_0\theta$$

となってファラデー回転角に比例する成分のみが得られ、増幅することによって高感度化を図ることができる。MO ディスク、MD の再生にはこの差動方式を採用している。

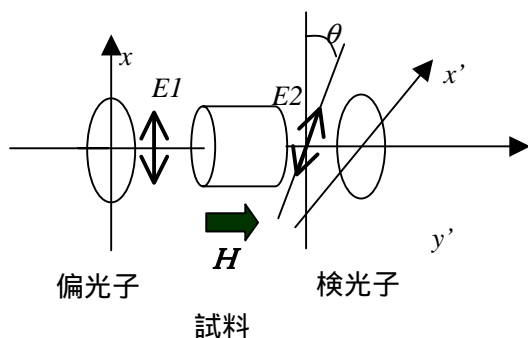


図3 互いに偏光方位角が 45°傾いた偏光子・検光子の組み合わせで検出する方法

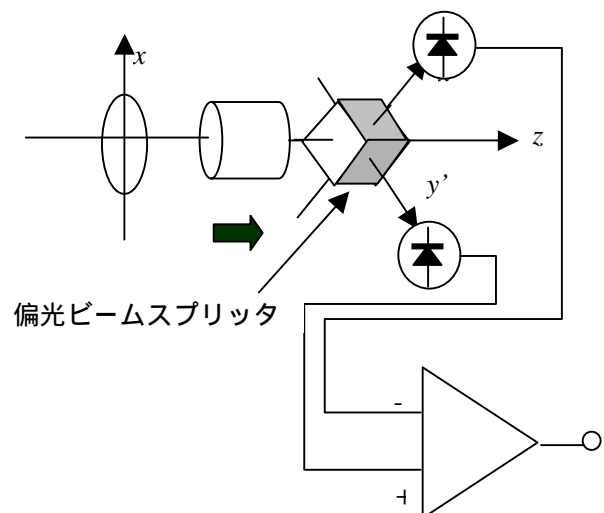


図4 偏光ビームスプリッタを用いて差動式で回転角を検出する方法

## 課題

- (1) ファラデー効果で測定した磁化曲線と VSM で測定した磁化曲線を比較しよう。
- (2) 青色 LED について調べてみよう。
- (3) 偏光子の仕組みを調べてみよう。
- (4) MO ディスクの原理を調べてみよう。